



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

Ein derartiges Verfahren bzw. eine derartige Vorrichtung ist beispielsweise aus der US 4 863 538 bekannt. Hier wird eine vorbestimmte Menge eines pulverförmigen Materials auf eine absenk- 10 bare Unterlage gegeben und dort mittels einer über die Unterlage bewegbaren Walze unter gleichzeitiger Rotation der Walze verteilt. Danach wird das verteilte Material an den dem Objekt entsprechenden Stellen der so gebildeten Materialschicht bestrahlt, so daß das Material dort zusammen- 15 intert. Diese Art der Materialauftragung ist jedoch hinsichtlich Schnelligkeit der Auftragung und Genauigkeit der Einstellung einer bestimmten Dicke des Materials nicht optimal.

Aus der DE 43 26 986 C1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bekannt.

Aus der EP 0 450 762 A1 ist ein Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes, bei dem das Objekt schichtweise dadurch erzeugt wird, daß jeweils eine Schicht aus durch Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung verfestigbarem Material aufgetragen und anschließend an den dem Objekt entsprechenden Stellen durch Bestrahlen verfestigt wird, bekannt. Eine gleichmäßige Schichtdicke wird durch Glätten des auf- 30 gebrachten Materials durch ein Abstreifmesser erhalten.

Ferner ist aus der EP 0 450 762 A1 eine Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objektes nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9 bekannt. 35

Aus der EP 0 431 924 A2 ist bekannt, in einem Verfahren zur Herstellung eines dreidimensionalen Objektes aus verfestigbarem Pulvermaterial eine gewünschte Kompaktierung von Pulverteilchen mittels eines vibrierenden Abstreifers zu erzeugen. Die Vibrationsbewegung des Abstreifers erfolgt dabei in einer Richtung senkrecht zur Oberfläche der Pulverschicht. 40

Es ist Aufgabe der Erfindung, die bekannten Verfahren bzw. die bekannte Vorrichtung so zu verbessern, daß die Materialauftragung und die Schichterzeugung beschleunigt und verbessert werden. 45

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 gelöst. 50

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird im weiteren anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezug auf die Figuren beschrieben. Von den Figuren zeigen: 55

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

Fig. 2 eine vergrößerte Schnittansicht der Aufbringvorrichtung nach der Erfindung. 60

Die Vorrichtung weist einen im wesentlichen horizontal angeordneten Arbeitstisch 1 mit einem Loch in Form eines Ausschnittes 2 mit einem Querschnitt, der größer ist als die größte Querschnittsfläche des herzustellenden Objekts 3, auf. Oberhalb des Arbeitstisches ist eine Bestrahlungseinrichtung 4, beispielsweise ein Laser, angeordnet, die einen gerichteten Lichtstrahl 5 abgibt. Dieser wird über eine Ablenk- 65 einrichtung 6, bei-

spielsweise einen Drehspiegel, als abgelenkter Strahl 7 auf die Ebene des Arbeitstisches abgelenkt. Eine Ablenksteuerung 8 steuert die Ablenkrichtung derart, daß der abgelenkte Strahl 7 auf jede gewünschte Stelle innerhalb des vom Ausschnitt 2 definierten Arbeitsbereiches auftrifft.

Eine im wesentlichen ebene Unterlage 9 weist eine dem Ausschnitt 2 entsprechende Form auf und ist mittels einer schematisch angedeuteten Höheneinstellvorrichtung 10 in Richtung des Pfeils 11 von einer höchsten Stellung, in der die Oberfläche der Unterlage 9 innerhalb des Ausschnittes 2 und im wesentlichen in derselben Höhe wie die Oberfläche des 10

Arbeitstisches 1 liegt, während der Herstellung des Objekts in der weiter unten beschriebenen Weise soweit absenkbar, daß das fertiggestellte Objekt 3 unterhalb des Arbeitstisches 1 entnommen werden kann.

Oberhalb des Arbeitstisches ist eine Aufbringvorrichtung 12 zum Aufbringen des zu verfestigenden Materials auf den Arbeitstisch 1 und die Unterlage 9 angeordnet. Die Aufbringvorrichtung weist einen in Fig. 2 genauer dargestellten Behälter 13 in Form einer Rinne auf, die sich quer über den Ausschnitt 2 bzw. die Unterlage 9 erstreckt und an Führungen 14 mittels eines Verschiebe- 25 antriebs 15 im wesentlichen quer zu ihrer Erstreckung über den Ausschnitt 2 bzw. die Unterlage 9 von einer in Fig. 1 gezeigten ersten Endstellung, in der sich der Behälter 13 auf einer Seite des Ausschnittes 2 außerhalb desselben befindet, in eine zweite, im wesentlichen symmetrische Endstellung, in der sich der Behälter 13 auf der anderen Seite des Ausschnittes 2 außerhalb desselben befindet, verschiebbar ist.

Der Behälter 13 weist einen im wesentlichen trichterförmigen Querschnitt auf, der von zwei Seitenwänden 16, 17 begrenzt ist und sich von einer schlitzförmigen schmalen unteren Öffnung 18 zu einer breiteren oberen Öffnung 19 hin erweitert. Die untere und obere Öffnung 18, 19 erstrecken sich jeweils über im wesentlichen die gesamte Länge des Behälters 13, so daß von diesen zusammen mit dem von den Seitenwänden begrenzten Innenraum 20 ein sich nach unten verengender Kanal mit einer Länge, die im wesentlichen der Ausdehnung des Ausschnittes 2 bzw. der Unterlage 9 entspricht, gebildet ist.

An den dem Arbeitstisch 1 zugewandten unteren Rändern der Seitenwände 16, 17 sind jeweils Abstreifelemente 21, 22 befestigt, die sich parallel zum Arbeitstisch 1 über im wesentlichen die gesamte Länge der unteren Öffnung erstrecken. Der Abstand des eine Abstreifkante bildenden unteren Randes der Abstreifelemente 21, 22 vom Arbeitstisch bzw. von der Unterlage 9 in deren höchster Stellung ist dabei derart eingestellt bzw. einstellbar, daß der Behälter 13 gerade eben berührungsfrei oder nur mit geringer Reibung über den Arbeitstisch 1 verschoben werden kann. 55

Der Behälter ist über in Fig. 2 gezeigte Querführungen 23, 24 in Richtung seiner Längserstreckung bzw. quer zur Verschieberichtung 25 verschiebbar auf gehängt und mittels (nicht gezeigter) elastischer Elemente, beispielsweise Federn, um eine Ausgangslage elastisch federnd auslenkbar gehalten. Eine an einer Seitenwand 17 oder auch an einem anderen Teil des Behälters 13 befestigte Vibrationseinrichtung 26, beispielsweise ein elektrisch oder hydraulisch betätigter Rüttler, ist so ausgebildet, daß er den Behälter 13 im Zusammenwirken mit den elastischen Elementen in eine Vibration mit einer Auslenkung in Richtung der unteren Öffnung und der Abstreifelemente, d. h. quer zur Verschieberichtung 65



25, und parallel zur Ebene der Arbeitstisches 1 bzw. der Unterlage 9 versetzt.

Oberhalb des Behälters 13 in dessen beiden Endstellungen bzw. dessen oberer Öffnung 19 ist in der in Fig. 1 gezeigten Weise jeweils ein Vorratsbehälter 27, 28 für zu verfestigendes Material und eine an dessen unterem Ende vorgesehene Beschickungsvorrichtung 29, 30 angeordnet. Die Beschickungsvorrichtung 29, 30 ist jeweils als eine um eine horizontale Achse, die oberhalb der Verschiebeebene des Behälters 13 und parallel zu dessen Erstreckung angeordnet ist, drehbare Walze 31, 32 mit einem an deren Umfang angeordneten kerbförmigen Ausschnitt (Kerbwalze) ausgebildet, der mittels eines (nicht dargestellten) Antriebes von einer in Fig. 1 links gezeigten ersten Stellung, in der der kerbförmige Ausschnitt nach oben weist und mit dem Innenraum des Vorratsbehälters 28 verbunden ist, um etwa 180° in eine rechts in Fig. 1 dargestellte Entleerungsstellung, in der der kerbförmige Ausschnitt nach unten weist und der oberen Öffnung 19 des Behälters gegenüberliegt, drehbar ist.

Der Arbeitstisch 1, die Unterlage 9 und die Aufbringungsvorrichtung 12 sind von einem in Fig. 1 gestrichelt angeordneten wärmeisolierten Gehäuse 33 umschlossen, das mit einer Inertgaszufuhr 34 verbunden ist. Als Inertgas kommt vorzugsweise Stickstoff in Frage, der mittels einer (an sich bekannten) Membran-Trennvorrichtung 35 aus Luft erzeugt wird und über eine Zufuhrleitung 36 ins Gehäuse 33 eingespeist wird. Vorzugsweise wird die Zufuhrleitung 36 vor der Einspeisung über weitere zu kühlende Teile wie z. B. die Bestrahlungseinrichtung 4, die Ablenkeinrichtung 6 und die Ablenksteuerung 8 geführt.

Schließlich ist eine auf den Ausschnitt 2 gerichtete Strahlungsheizung 38, 39 und eine zentrale Steuereinheit 37 vorgesehen, die mit der Höheneinstellvorrichtung 10, der Ablenksteuerung 8 und dem Verschiebeantrieb 15 zur Durchführung der nachfolgend beschriebenen Schritte verbunden ist.

Im Betrieb werden zunächst die Vorratsbehälter 27, 28 mit einem für die Objektherstellung geeigneten Material, beispielsweise einem Kunststoff-, Metall- oder Keramikpulver oder auch einer Mischung, d. h. beispielsweise einem kunststoffüberzogenen Metall- oder Keramikpulver, gefüllt. Die Unterlage 9 wird mittels der Höheneinstellvorrichtung 10 in die höchste Stellung gefahren, in der die Oberfläche der Unterlage 9 in einer Ebene mit der Oberfläche des Arbeitstisches 1 liegt, und anschließend um den Betrag der vorgesehenen Dicke der ersten Materialschicht abgesenkt, so daß innerhalb des Ausschnittes 2 ein abgesenkter Bereich gebildet ist, der seitlich von den Wänden des Ausschnittes 2 und unten von der Unterlage 9 begrenzt ist. Die Aufbringungsvorrichtung 12 wird mittels des Verschiebeantriebs 15 in ihre Ausgangsstellung gebracht, in der der Behälter 13 unterhalb der Beschickungsvorrichtung 29 bzw. der Walze 31 steht. Ferner wird von der Inertgaszufuhr 34 z. B. Stickstoff in das Gehäuse 33 eingespeist, bis dort eine gewünschte Inertgasatmosphäre erhalten ist.

Durch ein- oder mehrmalige Rotation der Walze 29 wird aus dem Vorratsbehälter 27 ein vorbestimmtes Volumen des Materials, das dem ein- oder mehrfachen Volumen der Kerbe in der Walze 29 entspricht, durch die unter der Walze 29 angeordnete obere Öffnung 19 in den Behälter 13 eingefüllt. Mittels des Verschiebeantriebs 15 wird daraufhin der Behälter 13 in Verschieberichtung 25 über den Ausschnitt 2 bis in die in Fig. 1 links dargestellte andere Endstellung bewegt, in der der

Behälter 13 unter der anderen Beschickungsvorrichtung 30 steht. Gleichzeitig mit der Verschiebung wird die Vibrationseinrichtung 26 betätigt, die den Behälter in eine Rüttelbewegung quer zur Verschieberichtung 25 und parallel zur Unterlage 9 versetzt. Dadurch wird eine Agglomeration des Pulvers in Behälter verhindert und ein ungehindertes Austreten des Materials aus der unteren Öffnung 18 auf die Unterlage 9 sichergestellt. Gleichzeitig kann durch diese Rüttelbewegung eine Verdichtung des ausgegebenen Materials erreicht werden.

Das Aufbringen des Materials auf die Unterlage 9 ist in Fig. 2 genauer dargestellt. Das bei der Verschiebung des Behälters 13 in Richtung 25 (also nach links in Fig. 2) aus der unteren Öffnung 18 austretenden Material wird durch das nachfolgende (in Fig. 2 rechte) Abstreifelement 21 auf die gewünschte Schichtdicke s eingestellt und abgezogen, so daß sich eine Schicht 38 mit definierter Dicke s ergibt. Dadurch, daß das Abstreifelement 21 mit dem Behälter 13 fest verbunden ist, vibriert das Abstreifelement 21 ebenso wie der Behälter 13 quer zur Verschieberichtung 25 und parallel zur Unterlage 9. Aufgrund dieser Rüttelbewegung des Abstreifelements 21 wird die Einstellgenauigkeit der Schichtdicke s und die Oberflächengüte der Schicht 38 erheblich verbessert.

Nach Auftragen und Abziehen der Schicht 38 und Vorheizen des Materials in der Schicht 38 mittels der Strahlungsheizung 38, 39 auf eine geeignete Arbeitstemperatur steuert die Steuereinheit 37 die Ablenkeinrichtung 6 über deren Steuerung 8 derart, daß der abgelenkte Lichtstrahl 7 nacheinander an allen gewünschten (also dem Objekt an dieser Schicht entsprechenden) Stellen der Schicht 38 auftritt und dort das Pulvermaterial durch Sintern verfestigt.

In einem zweiten Schritt wird die Unterlage mittels der Höheneinstellvorrichtung 10 um den Betrag der Dicke der nächsten Schicht abgesenkt und der Behälter 13 von der zweiten Beschickungsvorrichtung 30 durch Rotation der Walze 32 wieder gefüllt. Das Auftragen der nächsten Schicht erfolgt dann durch Verschieben des Behälters in entgegen der Richtung 25 unter gleichzeitigem Rütteln, wobei das Abziehen der Schicht diesmal vom anderen (in Fig. 2 linken) Abstreifelement vorgenommen wird. Die Verfestigung erfolgt dann wie bei der Schicht 38.

Weitere Schichten werden analog aufgetragen, abgezogen und verfestigt, wobei der Behälter 13 bei aufeinanderfolgenden Schichten unter gleichzeitigem Rütteln immer abwechselnd von links nach rechts und umgekehrt verschoben wird. Es ist aber auch möglich, unter zweimaligem Überfahren der Unterlage 9 wieder zur Ausgangsstellung zurückzufahren, so daß dann nur ein Vorratsbehälter und nur eine Beschickungsvorrichtung erforderlich sind.

Ein geringer Materialverbrauch ergibt sich dadurch, daß der Abstand der unteren Öffnung 18 bzw. der Abstreifelemente 21, 22 von der Oberfläche des Arbeitstisches 1 nur so groß ist, daß gerade keine nennenswerte Reibung bei der Verschiebung des Behälters 13 auftritt und kein Material zwischen den Abstreifelementen 21, 22 und dem Arbeitstisch 1 austreten kann. Das Material wird dann nur auf die gegenüber dem Arbeitstisch 1 abgesenkte Unterlage 9 aufgetragen. Vorzugsweise ist die Lage des Behälters 13 zur Einstellung eines derartigen geeigneten Abstandes justierbar.

Weitere Modifikationen der Erfindung sind möglich. So kann als Material auch flüssiges oder pastenförmiges



Material verwendet werden, die Vorheizung kann entfallen und für die Bestrahlungsvorrichtung kann jede Strahlungsquelle für elektromagnetische Strahlung, die einen gerichteten Strahl mit ausreichender Energie abgibt, wie beispielsweise ein Lichtquelle oder auch eine Elektronenstrahlquelle, verwendet werden. Nach Verfestigung einer Schicht kann die Unterlage 9 in ihrer Lage unverändert gehalten werden, um eine die Schrumpfung der ersten Schicht ausgleichende zweite Schicht in gleicher Weise aufzubringen und zu verfestigen. Erst danach wird dann die Unterlage für die nächste Schicht abgesenkt. Die Abstreifelemente 21, 22 können jedes geeignete steife oder auch geringfügig elastische Profil aufweisen und beispielsweise auch mit einer scharfen Abziehkante versehen sein. Der Querschnitt des Behälters 13 kann auch jede andere geeignete Form, beispielsweise eine rechteckige Form, aufweisen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts, bei dem das Objekt schichtweise dadurch erzeugt wird, daß jeweils eine Schicht aus durch Bestrahlen mit elektromagnetischer Strahlung verfestigbarem Material aufgetragen und anschließend an den dem Objekt entsprechenden Stellen durch Bestrahlen verfestigt wird, wobei beim Aufbringen eine gleichmäßige Schichtdicke des aufgetragenen Materials durch Abziehen mittels eines Abstreifelements und gleichzeitiges Vibrieren des Abstreifelements erzeugt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Abstreifelement in einer Richtung quer zur Abzugsrichtung parallel zur Schicht in Schwingung versetzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Vibration mit einer Frequenz von etwa 50 bis 500 Hertz, vorzugsweise 100 bis 200 Hertz, und einer Amplitude von etwa 0,1 bis 2 mm, vorzugsweise 0,5 bis 1 mm erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Material während des Abziehens direkt vor das Abstreifelement aufgebracht wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Material ein pulverförmiges Feststoffmaterial verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach jedem Auftragen die Abzugsrichtung geändert wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine vorbestimmte Menge des Materials in einen Behälter gegeben wird, der mit einem Abstreifelement versehen ist, und daß der Behälter zum gleichzeitigen Auftragen und Abziehen in Abzugsrichtung bewegt wird und dabei in Schwingung versetzt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Material auf eine höhenverstellbare Unterlage aufgebracht wird, die entweder nach jeder Verfestigung einer Schicht um die Dicke der nächsten Schicht abgesenkt wird oder zum Aufbringen und Verfestigen einer zweiten Schicht in ihrer Lage unverändert gehalten wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Auftragen und Verfestigen des Schicht unter Schutzgasat-

mosphäre durchgeführt wird.

9. Vorrichtung zum Herstellen eines dreidimensionalen Objekts, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einer Unterlage (9), einer Vorrichtung (12) zum Aufbringen einer Schicht eines durch Einwirkung elektromagnetischer Strahlung verfestigbaren Materials auf die Unterlage (9), und einer Bestrahlungseinrichtung (4) zum Bestrahlen des Materials an den dem Objekt entsprechenden Stellen der Schicht, wobei die Aufbringvorrichtung (12) einen oberhalb der Unterlage (9) angeordneten Behälter (13) für das Material aufweist, der mit einem Antrieb (15) zum Bewegen des Behälters (13) im wesentlichen parallel über die Unterlage (9) verbunden ist und an seiner der Unterlage (9) zugewandten Unterseite ein Abstreifelement (21, 22) zur Einstellung der Schichtdicke s des aufgetragenen Materials aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vibrationsvorrichtung (26) zum Vibrieren des Behälters (13) bei der Bewegung vorgesehen ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (13) als eine sich quer über die Unterlage (9) erstreckende Rinne mit einer oberen Öffnung (19) zum Einfüllen des Materials und einer unteren Öffnung (18) zum Auftragen des Materials ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Rinne einen im wesentlichen trichterförmigen Querschnitt aufweist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die untere Öffnung (18) als ein sich entlang der Rinne erstreckender Schlitz ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß in Bewegungsrichtung des Behälters (13) sowohl vor als auch hinter der unteren Öffnung (18) jeweils ein Abstreifelement (21, 22) vorgesehen ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstreifelemente (21, 22) durch die Ränder der Rinne beidseitig des Schlitzes gebildet sind.
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb (15) so ausgebildet ist, daß er den Behälter (13) zunächst in einer ersten Richtung (25) über die Unterlage (9) bewegt, wobei eine erste Schicht (38) aufgetragen und mittels des Abstreifelements (21) abgezogen wird, und nach der Bestrahlung der Schicht den Behälter (13) in einer zweiten Richtung im wesentlichen entgegengesetzt zur ersten Richtung (25) zum Auftragen und Abziehen der nächsten Schicht bewegt.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb (15) derart ausgebildet ist, daß er den Behälter (13) nach jedem Auftragen und Abziehen in eine Endstellung bewegt.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß ein Vorratsbehälter (27, 28) für das Material und eine Beschickungsvorrichtung (29, 30) zum Einfüllen einer vorbestimmten Menge des Materials vom Vorratsbehälter (27, 28) in den Behälter (13) in dessen Endstellung vorgesehen ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschickungsvorrichtung (29, 30) als eine zwischen dem Vorratsbehälter (27,



28) und dem Behälter (13) in dessen Endstellung angeordnete Dosiervorrichtung, vorzugsweise als Kerbwalze (31, 32), ausgebildet ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß in Bewegungsrichtung des Behälters (13) an beiden Seiten der Unterlage (9) jeweils eine Endstellung mit zugehörigem Vorratsbehälter (27, 28) und Beschickungsvorrichtung (29, 30) vorgesehen ist.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Vibrationsvorrichtung (26) als ein Rüttler ausgebildet ist, der den Behälter (13) in einer Richtung quer zur Bewegungsrichtung des Behälters (13) und parallel zur Schicht (38) in Schwingung versetzt.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (13) in Vibrationsrichtung elastisch auf gehängt ist und der Rüttler (26) am Behälter angreift.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß ein die Unterlage (9) und die Aufbringvorrichtung (12) dicht umgebendes Gehäuse (33) und eine Inertgasquelle (34) zur Zufuhr von Inertgas in das Gehäuse (33) vorgesehen ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Inertgasquelle (34) als Membran-Trennvorrichtung zur Abtrennung von Stickstoff aus Luft ausgebildet ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



- Leerseite -

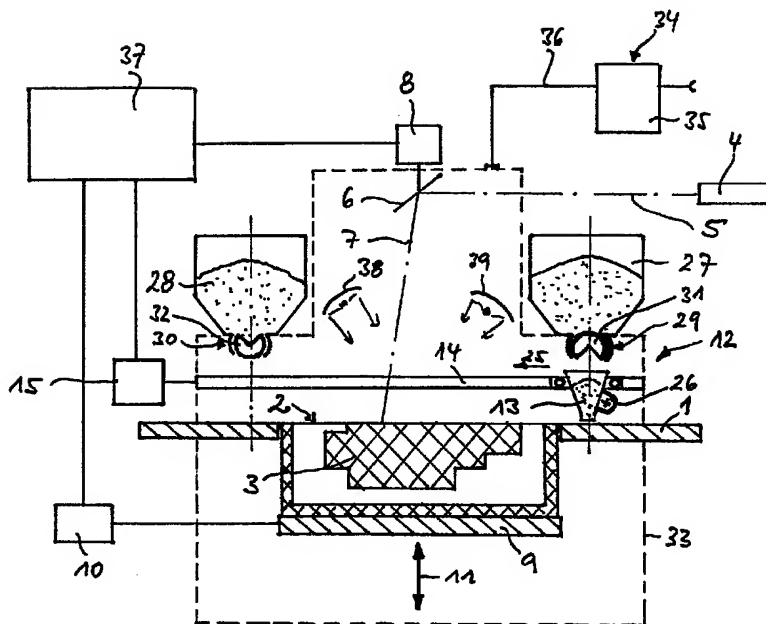


Fig. 1

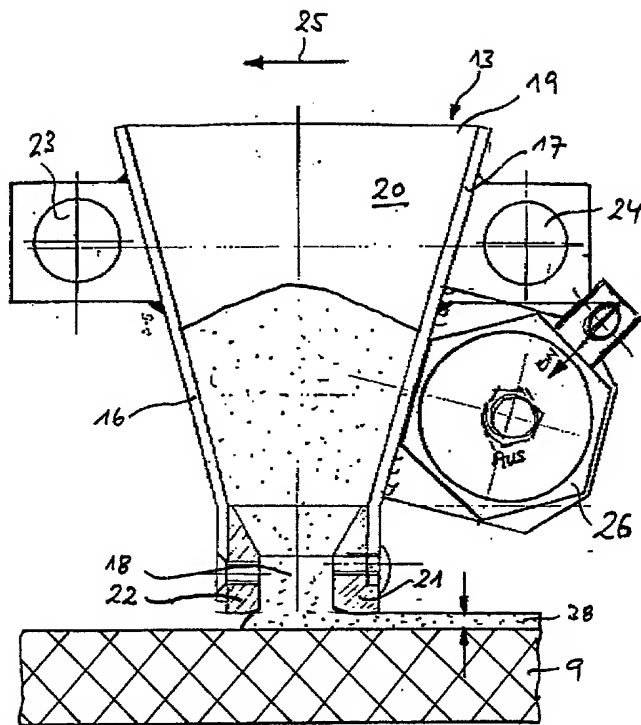


Fig. 2